

01	MAGGIO 2015	SECONDA EMISSIONE PER RECEPIMENTO RI1-CV379	AKKAD	G. TROTTA	V. ADDIS
00	MARZO 2015	PRIMA EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	AKKAD	G. TROTTA	V. ADDIS
Ems	Data	Descrizione	Predisposto	Verificato	Approvato

tecno habitat

società di ingegneria

Tecno Habitat s.p.a.

sede legale: via Battaglia 22 - 20127 Milano - tel 02.26148322 fax 02.26145697 - thmi@tecnohabitat.com
 via Macon 30 - 23900 Lecco - tel 0341.282081 fax 0341.287303 - thlc@tecnohabitat.com
 via Parigi 11 - 00185 Roma - tel 06.48906454 fax 06.48977035 - thrm@tecnohabitat.com
 P.IVA, C.F. e ISCR. REG. IMP. n. 11718220152 - n. REA MI 1492797 capitale sociale: 540.000,00 € i.v.
 www.tecnohabitat.com



[Handwritten signature]

Consulente Specialistico



AKKAD Società di ingegneria s.r.l.

via Putignani, 118 - ITALY - 70122 - BARI
 Tel. +39.080.975.637.8 - Fax. +39.080.919.058.8
 info@akkadsrl.it - www.akkadsrl.it
 Partita IVA e Codice Fiscale 07656340721



Appaltatore



VALORI S.c.a r.l. Consorzio Stabile

via Marianna Dionigi, 43 - ITALY - 00193 - ROMA
 Tel. +39.06.32.33.608 - Fax. +39.06.68.78.293
 info@valoriscarl.it - www.valoriscarl.it
 Partita IVA e Codice Fiscale 08066951008

Committente Opera



COMUNE DI
BARLETTA (BT)

**PROGETTO ESECUTIVO - LAVORI DI DIFESA
DALL'EROSIONE DEL LITORALE DI PONENTE**

Titolo

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Data	Nome file	Scala stampa	Scala	Tavola n.
MAG. 2015	reltec_01	-	-	R.02

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Tecno Habitat s.p.a. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto.

E' vietata qualsiasi forma di riproduzione e di divulgazione senza l'esplicito consenso di Tecno Habitat s.p.a.

This document contains informations belonging to Tecno Habitat s.p.a. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished.

Whatever shape of spreading or reproduction without the written permission of Tecno Habitat s.p.a. is prohibited.

INDICE

1. TERMINI DI RIFERIMENTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	2
2. RACCOLTA INFORMAZIONI	4
3. ALTEZZA D'ONDA DI PROGETTO.....	5
4. CALCOLO DELLA SCOGLIERA DISTANZIATA.....	6
5. CALCOLO DELLA TRASMISSIONE A TERGO DELLA SCOGLIERA.....	8
6. PENNELI TRASVERSALI.....	9
7. DEMOLIZIONE DEI RUDERI	10
8. IMBASAMENTO DELLE SCOGLIERE DISTANZIATE	10
9. MATERIALI DA IMPIEGARE.....	10
10. LA SICUREZZA DELLA FONDAZIONE. AZIONE SISMICA.....	11
11. EVOLUZIONE FUTURA DEL LITORALE	11

1. TERMINI DI RIFERIMENTO E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presente relazione tecnica è a corredo del progetto esecutivo delle opere di difesa **dall'erosione del litorale di ponente della costa a ponente della Città di Barletta.**

Il tratto di litorale, che si intende difendere con le opere previste nel presente progetto esecutivo stralcio, inizia dal lato di Levante del villaggio della Fiumara e prosegue per circa 2.600 metri fino a raggiungere la restante parte del litorale, in cui la battigia è già protetta dalle sabbie ivi sedimentate.



Progetto stralcio. *La linea che unisce i due segnaposto indica il tratto di intervento*

Le opere previste nel presente progetto, consistono essenzialmente in:

a) La diga sommersa

La diga di difesa, lunga circa 2600 m, sarà a scogliera distanziata con sommità sommersa a circa 30 cm sotto il livello medio mare (l.m.m.). La sua funzione difensiva consiste nell'indurre a frangimento le onde più alte aventi maggiore energia erosiva.

La barriera avrà andamento rettilineo e sarà imbasata su fondali decrescenti da -2,5 m a circa -1,5 m rispetto al l.m.m.; i massi di mantellata avranno il peso di 700÷1000 kg (come desunto dal calcolo).

Nel presente progetto la barriera è stata lievemente arretrata rispetto alla linea indicata nel progetto generale, tenendo in conto i risultati del rilievo batimetrico eseguito nei primi giorni del mese di febbraio 2015 (eseguito dal geom. Savino Mirando di Trani).

La larghezza della berma è assunta pari a 12 m.

b) Pennelli trasversali

Per il contenimento nelle celle formate all'interno della barriera del materiale di ripascimento della spiaggia. Essi avranno lunghezza variabile fra i 30 e i 100 metri, di cui la metà avrà la cresta a quota + 50 cm sul l.m.m e la restante parte sommersa con cresta a - 30 ÷ 100 cm sotto il l.m.m. e saranno in numero di 9 e verranno realizzati, per la parte emergente, con scogli del peso singolo di 300÷500 kg. In attuazione di una prescrizione dell'Autorità di Bacino della Puglia, la radice di ciascun pennello verrà opportunamente ammorsata nella spiaggia esistente.

Le celle delimitate dalla diga sommersa e dai pennelli agli estremi laterali oltre che dalla linea di riva, potranno permettere, nel futuro completamento delle opere di difesa previste nel progetto generale, la ricostruzione della spiaggia secondo una linea di costa rettificata, entro la quale potrà essere ricostruita una strada litoranea ed una spiaggia per le attività ricreative attese dalla popolazione.

Il primo pennello proseguirà fino a ricongiungersi alla barriera sommersa con parte sommersa a soli cm 30 sotto il l.m.m. per meglio proteggere la spiaggia ricostruita.

Il ripascimento e quant'altro occorre per completare la difesa della costa secondo le previsioni del progetto generale viene quindi rinviato al momento in cui l'Amministrazione potrà disporre delle somme necessarie per l'esecuzione di un secondo lotto.

c) Demolizione dei ruderi

Il progetto stralcio prevede anche la demolizione di ruderi vari che ostacolano il buon funzionamento delle nuove opere. Dal rapporto fotografico si evidenzia come trattasi di elementi in c.a. realizzati nei primi anni del 1960 per il contenimento e l'illusoria intenzione di proteggere il corpo della strada di bonifica che correva parallelamente alla costa dall'azione erosiva del mare. Della stessa epoca è quanto rimane del ponticello in c.a. che scavalcava il canale di bonifica di scarico a mare delle acque superficiali.

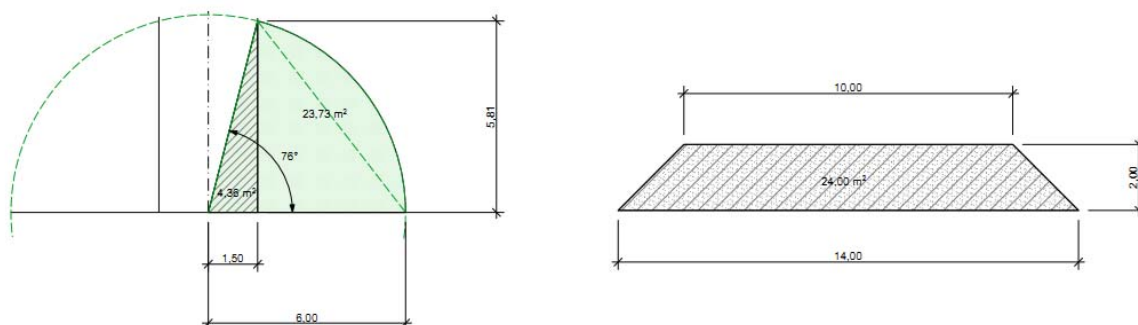
d) Imbasamento delle scogliere distanziate

Le scogliere saranno poggiate su uno strato di ciottoli/ghiaia di diametro di 3÷5cm.

e) Transizione alla radice del pennello

Realizzazione di un area di transizione tra radice del pennello e terreno circostante realizzato con ciottoli arrotondati di dimensione non inferiore a 15 cm. Tale accorgimento è certamente teso ad assicurare una maggiore longevità all'intervento. La spesa aggiuntiva relativa a tale accorgimento è stata valutata facendo riferimento ad un versamento di ciottoli alla radice del pennello, in modo da ottenere, in pianta,

una figura circolare di raggio 6 m, con centro alla mezzeria del lato a terra del pennello. Lo spessore dello strato di ciottoli è assunto pari a 45 cm.



f) Analisi dati storici strutturati in geodatabase e carta rischio archeologico

Si è tenuto conto che il MIBAC ha osservato la necessità di stabilire le modalità e prevedere gli oneri con i quali il contraente della esecuzione delle opere, preliminarmente all'avvio dei lavori, dovrà far redigere l'analisi multi temporale di dati storici strutturati in un apposito geodatabase e la carta del rischio archeologico anche per l'area marina con il monitoraggio dei percorsi archeologici subacquei tra la foce del fiume e il porto di Barletta. Il quadro economico di progetto esecutivo, come per il definitivo, prevede le somme utili all'affidamento ad un tecnico specialista dell'incarico di conduzione del suddetto studio (tecnico di CNR o di Università).

2. RACCOLTA INFORMAZIONI

Batimetria

L'intera tratto di costa è stato oggetto di un accurato rilievo batimetrico eseguito a febbraio 2015 da tecnici dello studio tecnico geom. Miranda di Trani incaricato dalla Impresa esecutrice dei lavori.

Le modalità con cui è stata condotta la campagna di rilievi batimetrici 2015 è riportata nella apposita relazione tecnica posta tra gli elaborati del presente progetto esecutivo (R03).

Il rilievo di progetto esecutivo presenta alcune sensibili differenze rispetto al rilievo di progetto definitivo. In particolare, si osserva una maggiore pendenza del profilo trasversale della spiaggia con la conseguenza che, rispetto al rilievo di progetto definitivo, un certo valore della batimetrica risulta più prossimo alla linea di riva. Ad esempio, nel rilievo di progetto esecutivo, rispetto al rilievo di progetto definitivo, un certo valore batimetrico risulta mediamente più prossimo alla linea di riva di circa 25 m.

Il progetto esecutivo è stato redatto sulla scorta del rilievo 2015 e pertanto, al fine di tenere la quota di imbasamento delle scogliere longitudinali variabile tra -2.5 m e 1.5 m, dovendo

spostare verso riva le scogliere rispetto al progetto definitivo, è stato necessario ridurre la lunghezza dei pennelli.

Clima ondoso al largo e a riva

Il clima ondoso al largo e la sua propagazione verso riva è stato oggetto di consulenza di studio specialistica. Le relazioni specialistiche di studio meteo marino al largo e di propagazione da largo a costa sono allegate al progetto definitivo.

3. ALTEZZA D'ONDA DI PROGETTO

Per determinare il valore dell'altezza d'onda di progetto da utilizzare, è stato adottato il periodo di ritorno raccomandato dalle Istruzioni Tecniche "Istruzioni Tecniche per la Progettazione delle Dighe Marittime", a cura del Consiglio Superiore dei LL.PP. presso il Ministero delle Infrastrutture e del Consiglio Nazionale delle Ricerche. L'opera in esame, una diga frangiflutti a scogliera distanziata, è di "natura flessibile" in quanto sotto l'azione del moto ondoso la struttura si muove, assestandosi fino ad adottare una geometria di equilibrio, senza collasso completo.

Per queste strutture, tipicamente, si considera una probabilità massima di 0,5 che durante la sua vita utile si verifichi la mareggiata di progetto, tenendo in conto che in tal caso tanto la ripercussione economica come il rischio di perdita di vite umane risulterebbero molto basse. Assumendo una vita utile di 25 anni per queste opere, le Istruzioni Tecniche stimano il periodo di ritorno per l'altezza d'onda di progetto mediante la seguente formula:

$$T_R = -L_f / \ln(1 - E)$$

dove E è il rischio e L_f è la vita utile.

In accordo con le ipotesi descritte, il periodo di ritorno che si ottiene è il seguente:

$$T_R = -L_f / \ln(1 - E) = -25 / \ln(1 - 0.5) = 36 \text{ anni}$$

In base all'analisi delle onde estreme effettuata nella relazione "Analisi del clima meteomarinò" (allegata al progetto definitivo), l'altezza significativa d'onda che corrisponde ad un periodo di ritorno di 36 anni è pari a 5,2 m.

Per calcolare il valore dell'altezza d'onda di progetto in corrispondenza delle opere, è stata propagata da largo verso riva, sino alla batimetrica 2 m, l'onda di altezza significativa al largo 5,2 m.

I risultati delle simulazioni sono presentati in Appendice allo studio specialistico A2 in progetto definitivo di propagazione del moto ondoso da largo a riva. Da tale studio è stato possibile determinare il valore di altezza d'onda significativa di progetto al piede della scogliera sommersa e la distribuzione dei valori del set-up.

Il valore di altezza d'onda significativa di progetto al piede della scogliera sommersa è risultato pari a 1,8 m circa.

Il valore massimo del set-up in corrispondenza della riva è risultato pari a 30 cm circa.

4. CALCOLO DELLA SCOGLIERA DISTANZIATA

La scogliera distanziata in questione consiste in 1 scogliera distanziata continua, lunga 2600 m, del tipo sommerso, a corpo omogeneo in massi naturali, la cui funzione è di limitare l'intensità del moto ondoso e della corrente litoranea riducendone la capacità di erosione. La progettazione della scogliera distanziata è condotta in modo che essa risulti poco impattante sul contesto paesaggistico. Pertanto, la cresta della diga è posta poco al di sotto del livello medio mare (30 cm) in modo che sebbene la stessa risulti visibile ai natanti (con rischio nullo per la navigazione), essa resta di minimo impatto al fruitore della spiaggia e della passeggiata lungo il litorale. Tale scelta è motivata anche dal fatto che si vuole conservare una elevata capacità di ricambio d'acqua a tergo della diga. La visibilità ai naviganti (si fa presente che in tale area la navigazione a motore è vietata) potrà essere assicurata lasciando emergenti alcuni dei massi formanti la cresta dell'opera; in particolare, così come in altre realizzazioni similari, in corrispondenza delle connessioni con i 9 pennelli, sulla berma sommersa, potrà essere valutata la possibilità di disporre alcuni massi naturali di cava (peso tra 2000 e 3000 kg) che risulteranno sempre emergenti, anche in condizioni di alta marea e di mareggiata intensa.

4.1 Disposizione e geometria della diga

La geometria della scogliera sommersa distanziata è la seguente:

- profondità di imbasamento variabile tra 2 m e 3 m;
- larghezza della cresta pari a 12 m;
- scarpata lato mare 1:2;
- scarpata lato terra 1:2;
- sommergenza 30 cm rispetto al l.m.m.

4.2 Condizioni adottate

Lo studio del clima ondoso al largo estremo ha consentito di individuare il valore di altezza d'onda significativa di progetto corrispondente al periodo di ritorno 36 anni. Lo studio di propagazione da largo a costa eseguito a scala di dettaglio ha considerato la propagazione dell'altezza d'onda di progetto (vedasi relazione di consulenza specialistica).

Lo studio ha consentito di determinare i valori assunti dall'altezza d'onda di progetto in corrispondenza del piede della scogliera distanziata sommersa che si intende realizzare. Come valore di altezza d'onda di progetto è stato scelto quello massimo che si verifica al piede della testata sud della diga, quindi, quello relativo al settore NNW che è pari a 1,80 m. Il periodo di picco, T_p , viene assunto pari a 8.0 sec.

Si assume la larghezza della cresta $B = 12$ m e, come già detto, si pone la sommità della scogliera a 30 cm sotto il livello medio mare, ovvero all'incirca a quello di bassa marea.

Il livello di alta marea sul l.m.m. calmo è tipicamente pari a circa 35 cm. L'escursione di marea può essere valutata in circa 70 cm. In caso di burrasca, si verifica un innalzamento del livello del mare (wave set e wind set up) che, nel caso in questione, può essere valutato in circa 30 cm.

4.3 Verifica della stabilità idraulica

Si assumono le seguenti condizioni: peso specifico masso naturale, $\gamma_a = 2450$ kg/mc; peso specifico acqua marina, $\gamma_w = 1025$ kg/mc

4.3.1 Formula di Van der Meer

La stabilità dei massi componenti una diga a scogliera distanziata di tipo sommerso, secondo Van der Meer, viene descritta dalla seguente relazione:

$$\frac{h'_c}{h} = (2.1 + 0.1S) \exp(-0.14N_s^*)$$

ove $N_s^* = H_s / \Delta D_{n50} s_p^{-1/3}$ $s_p = 2\pi H_s / g T_p^2$ con T_p = periodo di picco = 1.2 T_s

$$D_{n50} = \left(\frac{P}{\gamma_a} \right)^{1/3} = \text{diametro equivalente}$$

S indica il livello di danno

h'_c indica la quota della cresta rispetto al fondo

h indica la profondità rispetto al piede della diga

con $S = 1$, $T_p = 8$ s, $h'_c = 2,7$ m e $h = 3.0$ m,

Il calcolo del peso del singolo masso che costituirà la scogliera sommersa viene condotto mediante il Coastal Engineering Manual (US Army Corps of Engineers, 2006) nella sua versione con calcolo automatico.

Irregular, head-on waves.

$$\frac{h'_c}{h} = (2.1 + 0.1 S) \exp(-0.14 N_s^*)$$

(VI-5-72)

where	h	Water depth
	h'_c	Height of structure over seabed level ($h - h'_c$ is the water depth over the structure crest).
	S	Relative eroded area
	N_s^*	Spectral stability number, $N_s^* = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} s_p^{-1/3}$

Uncertainty of the formula: The uncertainty of Eq VI-5-72 can be expressed by considering the factor 2.1 as a Gaussian distributed stochastic variable with mean of 2.1 and standard deviation of 0.35, i.e., a coefficient of variation of 17%.

Data source: [Givler and Sorensen \(1986\)](#): regular head-on waves, slope 1:1.5
[van der Meer \(1991\)](#): irregular head-on waves, slope 1:2

Dal calcolo si ottiene il peso del singolo masso che compone la scogliera:

$$P50 = 868 \text{ kg} = 8512 \text{ N}$$

L'assortimento dei massi che comporranno la diga è tipicamente assunto come nel seguito:

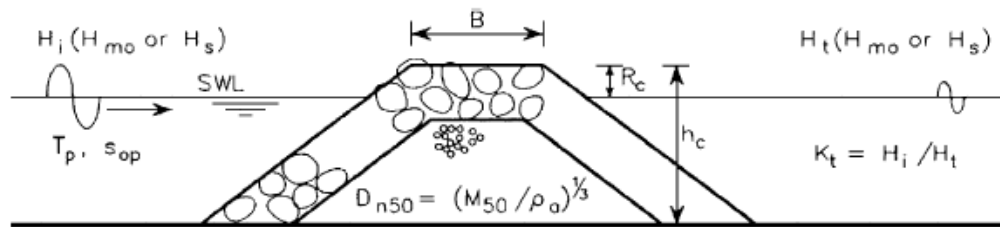
$$P_{max} = 1,25 P50 = 1085 \text{ kg}$$

$$P_{min} = 0,75 P50 = 651 \text{ kg}$$

Pertanto, la scogliera distanziata avrà corpo omogeneo costituito, per intero, da massi di 1° categoria (peso compreso tra 750 e 1000 kg).

5. CALCOLO DELLA TRASMISSIONE A TERGO DELLA SCOGLIERA

Come è noto, il valore della trasmissione dell'onda incidente sulla barriera verso la costa, che si intende proteggere, può essere stimato mediante l'uso di numerose formule e grafici forniti da vari Autori sulla base di sperimentazioni in laboratorio. Solo poche sono state le misure sul campo. Riferendoci alle recenti formule suggerite dal Van der Meer (v. bibliografia), è possibile così ricavare il coefficiente $K_t = H_t/H_i$ che definisce l'altezza dell'onda trasmessa H_t al di là della barriera rispetto all'altezza d'onda incidente sulla barriera H_i .



$$K_t = -0.30 \frac{R_c}{H_i} + 0.46$$

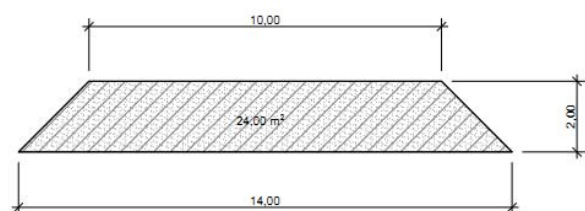
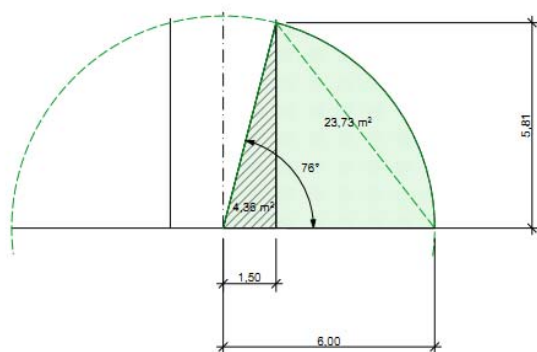
Per $R_c = 0,3$ m e $H_i = 1,80$ m, si ottiene $K_t = 0,4$.

6. PENNELLI TRASVERSALI

Per il contenimento nelle celle formate all'interno della barriera del materiale di ripascimento della spiaggia. Essi avranno lunghezza variabile, di cui la metà avrà la cresta a quota + 50 cm sul l.m.m e la restante parte sommersa con cresta a $- 30 \div 100$ cm sotto il l.m.m. e saranno in numero di 9 e verranno realizzati, per la parte emergente, con scogli del peso singolo di $300 \div 500$ kg.

Il tratto di pennello ammortato a terra ha lunghezza pari ad almeno 10 m.

L'AdB Puglia ha prescritto la realizzazione di un area di transizione tra radice del pennello e terreno circostante realizzato con ciottoli arrotondati di dimensione non inferiore a 15 cm. Tale accorgimento è certamente teso ad assicurare una maggiore longevità all'intervento. La spesa aggiuntiva relativa a tale accorgimento è stata valutata facendo riferimento ad un versamento di ciottoli alla radice del pennello, in modo da ottenere, in pianta, una figura circolare di raggio 6 m, con centro alla mezzeria del lato a terra del pennello. Lo spessore dello strato di ciottoli è assunto pari a 45 cm. Il presente progetto esecutivo prevede gli oneri per provvedere alla detta prescrizione.



Il primo pennello proseguirà fino a ricongiungersi alla barriera sommersa con parte sommersa a soli cm 30 sotto il l.m.m. per meglio proteggere la spiaggia ricostruita.

7. DEMOLIZIONE DEI RUDERI

Il progetto prevede anche la demolizione di ruderi vari che ostacolano il buon funzionamento delle nuove opere. Dal rapporto fotografico si evidenzia come trattasi di elementi in c.a. realizzati nei primi anni del 1960 per il contenimento e l'illusoria intenzione di proteggere il corpo della strada di bonifica che correva parallelamente alla costa dall'azione erosiva del mare. Della stessa epoca è quanto rimane del ponticello in c.a. che scalcava il canale di bonifica di scarico a mare delle acque superficiali.

Il Capitolato Speciale di Appalto prevede che la contabilità dei lavori sia effettuata a corpo, tranne che per i lavori di demolizione dei ruderi.

8. IMBASAMENTO DELLE SCOGLIERE DISTANZIATE

Le scogliere saranno poggiate su uno strato di ciottoli/ghiaia di diametro di 3÷5cm.

9. MATERIALI DA IMPIEGARE

I materiali da impiegare, come più dettagliatamente riportato nell'elenco prezzi allegato al C.S.A., sono:

- i. massi naturali di natura calcarea di 1^a ctg. (750-1000 kg) provenienti da cava per la costruzione della barriera sommersa;
- ii. massi naturali di natura calcarea di 1^a ctg. (300-500kg) provenienti da cava per la costruzione dei pennelli;
- iii. per il sottofondo delle scogliere distanziate si impiegherà uno strato di ciottoli/ghiaia di diametro di 3÷5cm;

Le prove di resistenza dei materiali sono indicate dal Capitolato Speciale d'Appalto OO.MM. del Ministero Lavori Pubblici.

Nel seguito si elencano alcune delle possibili cave di prestito prossime alla zona di intervento:

- Andria: località Chiancarolo e Avvantaggio
- Trani SO: Località Puro, Lama Amara, Montericco e Petrarello
- Trani SE: Carcano e Ponte Lama

Prima della messa in opera, i materiali lapidei verranno innaffiati in modo da minimizzare la presenza di calcite in polvere e di terre rosse.

10. LA SICUREZZA DELLA FONDAZIONE. AZIONE SISMICA

Dalla relazione geologica a firma del prof. dott. Antonio Brambati comprensiva delle indagini ed analisi tessiturali dei sedimenti di spiaggia eseguiti per tutto il tratto del progetto generale e fino alla profondità di m. -10 a partire dalla battigia, risulta che la zona in esame è interessata da sabbie medio-fini unimodali, con percentuali di sabbia superiori al 96%. In prossimità delle sezioni 17 e 23 si rinvencono anche ciottoli di dimensioni < 32mm. del tutto trascurabile risulta la concentrazione politica.

I risultati delle indagini condotte dal dott. geol. Alfredo De Giovanni (2012) confermano quanto rilevato dal prof. Brambati.

Per la redazione del presente progetto esecutivo si è fatto riferimento anche ai risultati delle indagini condotte dal dott. geol. Alfredo De Giovanni (2012) che risultano a corredo delle autorizzazioni già ottenute in fase di procedimento amministrativo (e.g. V.I.A.).

Ne risulta che la qualità sabbiosa del sedime ben si adatta alla fondazione di una scogliera in pietrame, impedendo, proprio per la sua qualità sabbiosa, che vi siano cedimenti anelastici della struttura.

La stessa qualità delle sabbie di media grandezza esclude anche che, sotto l'azione di forti terremoti, possano verificarsi fenomeni di liquefazione della fondazione (v. paragrafo 17.1.14 - Verifica di stabilità globale- in Manuale di ingegneria portuale e costiera – di Ugo Tomasicchio, ed. III Hoepli, anno 2010).

11. EVOLUZIONE FUTURA DEL LITORALE

Il prof. ing. Ugo Tomasicchio ha redatto la relazione specialistica “Studio con modello numerico dell'impatto che la realizzazione delle opere in progetto potrebbe avere sui tratti di costa a ponente e a levante dell'area di intervento, in termini di trasporto solido longitudinale, trasversale e di variazione della linea di riva, nell'ambito della sub unità fisiografica individuata dalle linee guida regionali” allegata al progetto definitivo.

A seguito della taratura di un modello matematico ad 1 linea effettuata sulla scorta della serie storica dei rilievi della linea di riva, è stato possibile la previsione della evoluzione futura dell'andamento della linea di riva in assenza o con le opere.

Lo scopo dello studio condotto è stato triplice:

1. l'analisi della evoluzione storica della Sub Unità Fisiografica 3.4 compresa tra i porti di Margherita di Savoia e di Barletta
2. l'utilizzo di un modello matematico idrodinamico e di un modello matematico di evoluzione della spiaggia del tipo ad 1 linea che è stato tarato sulla scorta dei rilievi della linea di riva effettuati nel 1999 e nel 2006;
3. l'analisi predittiva della evoluzione della intera SUF 2.4, per mezzo dei 2 modelli, per 2 scenari: senza e con le opere in progetto.

Le conclusioni di maggior rilievo ottenute a seguito delle analisi descritte nella relazione citata sono le seguenti:

- l'Ofanto rappresenta la sorgente di sedimenti di maggior rilievo lungo questo tratto di costa; tali sedimenti, giunti al mare, formano una foce e forniscono sedimenti alle aree costiere a nord (verso Margherita di Savoia) e a sud (verso Barletta) della foce stessa mossi dall'azione del trasporto litoraneo indotto dalle onde frangenti incidenti con angolo obliquo. Il trasporto dei sedimenti ha determinato la formazione di ampie spiagge a sud del porto di Margherita di Savoia e a nord del porto di Barletta.
- a causa dei numerosi invasi realizzati a monte della foce dell'Ofanto, l'apporto dei sedimenti dovuto all'Ofanto è stato fortemente ridotto. Tale riduzione del trasporto litoraneo ha innescato un arretramento progressivo della linea di riva e dei profili di spiaggia (dunque, un depauperamento dei volumi disponibili di sabbia) nelle aree adiacenti la foce dell'Ofanto.
- recentemente, tale tendenza erosiva è aumentata e, allo scopo di evitare danni a zone prossime all'abitato e alle infrastrutture, sono state realizzate opere rigide a scogliera radenti. Sebbene in corrispondenza delle difese radenti la linea di riva risulti stabile, la disponibilità di sabbia è risultata progressivamente ridotta.
- con riferimento alla SUF 2.4, sono stati implementati un modello idrodinamico e un modello associato di morfodinamica ad 1 linea. Il modello è stato tarato sulla scorta della conoscenza evolutiva del litorale tra gli anni 1999 e 2006 fornendo risultati eccellenti ed affidabili.
- il modello del trasporto litoraneo mostra che la Sub Unità Fisiografica 2.4 può essere distinta in 2 zone: a nord, il trasporto litoraneo netto è diretto verso NO, e a sud, il trasporto litoraneo netto è diretto verso SE. La zona ove si verifica la inversione della direzione del trasporto netto coincide, approssimativamente, con la zona di intervento.
- È stato redatto un progetto che stabilizza la linea di riva a sud della foce del fiume Ofanto e riduce la erosione nell'intorno della foce stessa; le opere permettono anche (parzialmente) il trasporto litoraneo di sedimenti verso le aree ove vi è necessità di sedimenti per conservare la posizione attuale della linea di riva (verso il porto di Barletta)

Dopo la analisi della evoluzione futura del litorale mediante un modello ad 1 linea per 2 scenari (con e senza opera), è stato possibile giungere alle seguenti conclusioni sull'impatto delle nuove opere sulla dinamica del litorale e sulla sua evoluzione future:

Area dell'intervento

- ✓ se le opere non saranno eseguite, l'area continuerà a subire una significativa erosione; questo è in **impatto negativo**;
- ✓ il progetto intende stabilizzare l'area con scogliere longitudinali sommerse che riducono l'energia delle onde (soprattutto per frangimento) e scogliere trasversali sommerse. Tali opere evitano che la spiaggia venga ulteriormente private di sedimenti determinando quindi un **impatto positivo**.

A sud dell'area di intervento

- ✓ Se le opere non verranno eseguite, il sedimento sarà trasportato dall'area di intervento verso SE e verrà accumulato sul lato nord del porto di Barletta (continuando anche a determinare l'interrimento del porto); questo determina un **impatto negativo**;
- ✓ Se le opere saranno realizzate, un certo quantitativo di sedimento sarà disponibile ad essere trasportato dall'area di intervento verso SE; perciò, il tratto di litorale tra l'area di intervento e il porto di Barletta rimarrà stabile con poche trascurabili modificazioni della linea di riva. Le nuove determinano quindi un **impatto nullo**.

A nord dell'area di intervento

- ✓ Se le opere non saranno realizzate, si avranno i seguenti 2 effetti:
 - l'area prossima alla foce dell'Ofanto continuerà ad arretrare con l'attuale velocità; questo determina un **impatto negativo**;
 - il sedimento eroso dalla foce dell'Ofanto sarà trasportato verso NO e sarà accumulato progressivamente sul lato sud del porto di Margherita di Savoia; questo determina un **impatto negativo**.
- ✓ Se le opere saranno realizzate, il loro effetto sull'area a nord sarà di riduzione lieve della velocità di erosione alla foce dell'Ofanto; tale effetto deriva dal fatto che le opere in progetto trattengono parte del sedimento diretto verso SE che dunque, per fondazioni successive, risulterà disponibile ad essere trasportato verso NO. Pertanto si determinerà:
 - un **impatto positivo** nell'area della foce dell'Ofanto, la cui erosione risulterà di intensità minore;
 - un **impatto positivo** a sud del porto di Margherita di Savoia, per un ridotto avanzamento della linea di riva e una minore necessità di dragaggio dei fondali del porto.

Riferimenti utili

- [1] **Tomasicchio** "Manuale di Ingegneria Portuale e Costiera". Edizioni HOEPLI, 2011
- [2] **Boccotti** "Idraulica marittima", Edizioni UTET, 1998

- [3] **Lamberti, Stura, Tomasicchio** "Il disegno delle strutture di protezione delle coste" Centro di studi sui problemi portuali , maggio 1984 ;
- [4] **Lamberti, Tomasicchio** "Le barriere sommerse, possibili strutture a difesa della costa" Porti, mare, territorio - Giuffrè Editore, anno III n 1, gennaio - marzo 1981 ;
- [5] **Dattatri, Raman, Shankar** "Performance characteristics of submerged breakwaters" pagg. 2153-2171, Coastal Engineering 1978;
- [6] **Dean, R.G.** (1977) "Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts," Department of Civil Engineering, Ocean Engineering Report No. 12, University of Delaware, January.
- [7] **Dean, R.G.** (1987) "Coastal Sediment Processes: Toward Engineering Solutions." In: Coastal Sediments '87, Specialty Conference on Advances in Understanding of Coastal Sediment Processes, New Orleans, LA, ASCE, p. 1-24.
- [8] **Dean, R.G. and C.-H. Yoo** (1993) "Predictability of Beach Nourishment Performance," *Proceedings, Coastal Zone Management, Special Volume on "Beach Nourishment Engineering and Management Considerations,"* pp. 86-102.
- [9] **Coastal Engineering Research Center** "Detached breakwaters for shore protection". Technical Report CERC-86-1, Vicksburg, USA
- [10] **Pelnaud-Considere, R.** (1956). "Essai de Theorie de l'Evolutio des Form de Rivage en Plage de Sable et de Galets," 4th Journées de l'Hydraulique, Les Energies de la Mer, Question III, No. 1, 289-298.
- [11] **Tomasicchio** "Difese costiere e loro inserimento nel paesaggio litoraneo" Tecniche per la difesa dall'inquinamento atti del 10 corso , Cosenza, giugno 1989
- [12] **Tomasicchio, G.R., D'Alessandro, F, e Tundo, G.** (2011). Reformulation of wave transmission over and through low-crested structures. Coastal Structures, 2011, ASCE, Yokohama
- [13] **USACE, US Army Corps of Engineers** (2002). Report Number: EM 1110-2-1100 <http://chl.erdc.usace.army.mil/cem>
- [14] **USACE, US Army Corps of Engineers** (1984). 4th ed., 2nd Vol., U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, U.S. Gov. Printing Office, Washington,D.C., 1088 p.
- [15] **Van der Meer, J.W.** "Low - crested and reef breakwaters" , Delft Hydraulics marzo 1990
- [16] **Van der Meer, J.W.** (1990). Data on wave transmission due to overtopping. Delft Hydraulics Report No. H986, prepared for CUR C67